

**ANALISA SAMBUNGAN LAS *FRICTION STIR WELDING*
ALUMINIUM 5083 DENGAN VARIASI *TOOL TILT ANGLE*
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Kepada
Universitas Muhammadiyah Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana (S-1) Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :
ARGA ROCHMI DARMAWAN**

201510120311149

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA SAMBUNGAN LAS *FRICTION STIR WELDING*
ALUMINIUM 5083 DENGAN VARIASI *TOOL TILT ANGLE*
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO**

Diajukan Kepada :

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)

Program Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Mesin

Disusun Oleh :

ARGA ROCHMI DARMAWAN

201510120311149

Malang, 22 Oktober 2019

Yang telah disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Ir. Daryono, MT)

NIP 108.8909.0124



(Muriito, ST, MT)

NIP 108.9404.0313

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



(Muriito, ST, MT)

NIP 108.9404.0313

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Arga Rochmi Darmawan
 NIM : 201510120311149
 Program Studi : Strata Satu (S1)
 Judul : Analisa Sambungan Las Friction Stir Welding Aluminium 5083 dengan Variasi Tool Tilt Angle Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro

Pembimbing I : Ir. Daryono, MT


NO	TANGGAL	URAIAN ASISTENSI	TTD
1.	04/03/2019	Konsultasi Judul	
2.	18/03/2019	Konsultasi BAB I, Matriks literatur	
3.	25/03/2019	Revisi Bab I, Batasan masalah	
4.	29/03/2019	Konsultasi BAB I, dilanjutkan ke bab II	
5.	16/04/2019	Revisi BAB II, Studi stir welding riset terdahulu	
6.	14/05/2019	Revisi BAB II, Tabel rancangan	
7.	17/09/2019	Konsultasi BAB III, dilanjutkan ke bab IV dan persiapan penelitian	
8.	19/09/2019	Konsultasi dan Revisi BAB IV, Pembahasan dan dilanjut naskah publikasi	
9.	01/10/2019	Revisi naskah publikasi dan dilanjut seminar hasil	
10.	05/10/2019	Seminar hasil	

Malang, 22 Oktober 2019

Mengetahui,
 Ketua Jurusan Teknik Mesin


 (Murjito, ST, MT)
 NIP 108.9404.0313

Dosen Pembimbing I


 (Ir. Daryono, MT)
 NIP 108.8909.0124

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Arga Rochmi Darmawan
NIM : 201510120311149
Program Studi : Strata Satu (S1)
Judul : Analisa Sambungan Las Friction Stir Welding Aluminium
5083 dengan Variasi Tool Tilt Angle Terhadap Sifat
Mekanik dan Struktur Mikro

Pembimbing II : Murjito, ST. MT


NO	TANGGAL	URAIAN ASISTENSI	TTD
1.	05/03/2019	Konsultasi Judul	
2.	29/03/2019	Revisi Bab I, Rumusan masalah dan tujuan	
3.	05/04/2019	Revisi BAB II, Gaya yang ada di FSW	
4.	10/05/2019	Konsultasi BAB II, dilanjutkan ke bab III	
5.	17/05/2019	Revisi Bab III, persiapan penelitian	
6.	20/09/2019	Konsultasi BAB IV	
7.	02/10/2019	Lanjutkan seminar hasil	
5.	05/10/2019	Seminar hasil	

Malang, 22 Oktober 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dosen Pembimbing II


(Murjito, ST, MT)
NIP 108.9404.0313


(Murjito, ST, MT)
NIP 108.9404.0313

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Arga Rochmi Darmawan
NIM : 201510120311149
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
: Universitas Muhammadiyah Malang

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tugas Akhir dengan judul:

Analisa Sambungan Las Friction Stir Welding dengan Variasi Tool Tilt Angle Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro.

Adalah hasil karya saya, dan dalam naskah tugas akhir ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, baik sebagian ataupun keseluruhan, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

2. Apabila ternyata di dalam naskah tugas akhir ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur **PLAGIASI**, saya bersedia **TUGAS AKHIR** ini **DIGUGURKAN** dan **GELAR AKADEMIK YANG TELAH SAYA PEROLEH DIBATALKAN**, serta diproses sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku.

3. Tugas akhir ini dapat dijadikan sumber pustaka yang merupakan **HAK BEBAS ROYALTY NON EKSKLUSIF**.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 22 Oktober 2019

Koordinator
Plagiasi



M. Irkham Mamungkas, ST., MT

Koordinator
Naskah Publikasi



Ary Dwi Astuti, S. Pd

Yang Menyatakan



Arga Rochmi
Darmawan

ABSTRAK

Friction Stir Welding (FSW) adalah salah satu teknologi pengelasan yang menggunakan gesekan antara putaran tool dan benda kerja yang diam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh dari sudut kemiringan tool pada sambungan las Friction Stir Welding (FSW) terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. Bahan dan alat yang digunakan Aluminium 5083, mesin milling, tool HSS. Parameter pengelasan yang dipakai putaran spindle 1500 Rpm, feed rate 60 mm/menit, kedalaman tool 3.1 mm. Variasi yang digunakan dengan kemiringan tool 1 °, 2 °, 2 °. Pada sifat mekanik spesimen di uji tarik, uji kekerasan, dan uji struktur mikro. Hasil menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi (76.97 Mpa) terjadi pada kemiringan sudut 2 °. Regangan tarik tertinggi (0.0165%) terjadi pada kemiringan sudut 3 °. Nilai rata-rata kekerasan Vickers hampir disetiap sudut pada daerah HAZ memiliki nilai tertinggi, sedangkan pada daerah Weld Nugget nilainya terendah. Pada foto struktur mikro yang dilakukan di area Weld Nugget terlihat bahwa daerah putih merupakan susunan partikel Al sedangkan untuk Mg₂Si ditunjukkan pada daerah hitam. Ukuran butir tercampur lebih seimbang dan rapat pada sudut kemiringan 1 °, sedangkan pada sudut 2 ° dan 3 ° susunan ukuran butir partikelnya terlihat lebih kasar dikarenakan faktor penekanan bagian belakang shoulder akibat dari sudut kemiringan tool.

Kata Kunci: FSW, Weld Nugget, Sudut Kemiringan Tool, Struktur Mikro, Sifat Mekanik

ABSTRACT

Friction Stir Welding (FSW) is one of the welding technologies that uses friction between tool rotation and stationary workpieces. The purpose of this research is to study the effect of the tool tilt angle on the Friction Stir Welding (FSW) welding joint on the mechanical properties and microstructure. Materials and tools used are Aluminum 5083, milling machines, HSS tools. The welding parameters used are 1500 Rpm spindle rotation, 60 mm / minute feed rate, 3.1 mm tool depth. Variations used with the slope of the tool 1 °, 2 °, 3 °. In the mechanical properties of specimens in tensile tests, hardness tests, and microstructure tests. The results show that the highest tensile strength (76.97 Mpa) occurs at an angle of 2 °. The highest tensile strain (0.0165%) occurs at an angle of 3 °. The average value of Vickers hardness in almost every corner in the HAZ area has the highest value, while in the Weld Nugget area the lowest value. In the microstructure photo done in the Weld Nugget area it can be seen that the white region is composed of Al particles while for Mg₂Si it is shown in the black region. The grain size is more balanced and tight at a tilt angle of 1 °, whereas at an angle of 2 ° and 3 ° the grain size arrangement of the particles looks more coarse due to the stress factor at the back of the shoulder due to the tool tilt angle.

Keywords: FSW, Weld Nugget, Tool Tilt Angle, Micro Structure, Mechanical Properties

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Segala puji dan syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat beserta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga para umatnya hingga akhir zaman.

Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang. Judul yang diajukan penulis adalah **“Analisa Sambungan Las Friction Stir Welding Aluminium 5083 dengan Variasi Tool Tilt Angle Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro”**.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak dan Ibu ku tercinta Misno Rochmianto dan Jumi Triani atas jasa-jasanya, kesabaran do'a yang selalu diberikan dan tidak pernah lelah mendidik dan memberi cinta yang tulus dan ikhlas kepada penulis semenjak kecil , serta kakakku tercinta Didin Rasna Octvianika dan Moch Ishak Al-Bashori yang selalu menyemangati dan memotivasi.

2. Bapak Dr. Nur Subeki, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan izin dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Daryono, MT selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Murjito, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin UMM sekaligus pembimbing I yang telah memberikan kelancaran pelayanan dan urusan Akademik.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Seluruh Staf Tata Usaha Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang yang telah melayani segala urusan administratif dengan baik.
7. Buat Staf Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang yang telah melayani segala urusan dalam penelitian ini dengan menggunakan alat uji.
8. Rekan-rekan seperjuangan yang telah meluangkan waktunya untuk menemani penulis dalam penelitian ini.
9. Buat para kawan-kawan terdekatku yang rela menyisihkan waktunya untuk menemani penulis dalam penyusunan skripsi ini.
10. Buat Almamater kampusku tercinta Universitas Muhammadiyah Malang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga skripsi dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Malang, 22 Oktober 2019

Arga Rochmi Darmawan



DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
POSTER.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR ASISTENSI	iv
LEMBAR ASISTENSI	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.2 Aluminium dan Paduannya	7
2.2.1 Aluminium	7
2.2.2 Paduan Aluminium	8
2.2.3 Klasifikasi Aluminium	9
2.2.4 Sifat-sifat Aluminium	10
2.2.4.1 Sifat Mekanik	10
2.2.4.2 Sifat Mampu Las	11

2.2.5 Aplikasi Aluminium	12
2.3 Pengelasan.....	13
2.3.1 Defini Pengelasan	13
2.3.2 Jenis Pengelasan	13
2.3.2.1 Las Gesek	14
2.4 Friction Stir Welding	15
2.4.1 Prinsip Kerja FSW	15
2.4.2 Gaya pada Friction Stir Welding	16
2.4.3 Daerah Pengelasan FSW	17
2.4.4 Siklus Proses Friction Stir Welding	18
2.4.5 Kemiringan Tool dan Kedalaman Terjun	18
2.4.6 Kelebihan dan Kekurangan Friction Stir Welding	19
2.4.7 Aplikasi Friction Stir Welding	19
2.4.8 Jenis Sambungan Pada Friction Stir Welding	20
2.5 Pengujian Mekanik	21
2.5.1 Pengujian Tarik.....	21
2.5.2 Mekanisme Pengujian Tarik	21
2.5.3 Uji Kekerasan	24
2.5.3.1 Uji Kekerasan Vickers	24
2.5.4 Uji Struktur Mikro	26
2.5.4.1 Pengamatan Metalografi.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2 Alat dan Bahan.....	29
3.3 Prosedur Penelitian	32
3.3.1 Proses Pengelasan.....	32
3.3.2 Tahap Pembuatan Spesimen	33
3.4 Proses Pengujian	34
3.4.1 Pengujian Tarik.....	34

3.4.2 Pengujian Kekerasan	35
3.4.3 Uji Struktur Mikro	36
3.5 Diagram Alir Penelitian	38
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Pengolahan Data	39
4.1.1 Hasil Uji Tarik	39
4.1.2 Hasil Uji Kekerasan	41
4.2 Pembahasan.....	42
4.2.1 Uji Tarik	42
4.2.2 Uji Kekerasan	46
4.2.3 Uji Mikro Struktur	49
BAB V PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aluminium Murni	6
Gambar 2.2 Klasifikasi Aluminium	14
Gambar 2.3 Skema Kerja Friction Stir Welding.....	16
Gambar 2.4 Gaya Friction Stir Welding	17
Gambar 2.5 Kemiringan Tool	18
Gambar 2.6 Sambungan Las Butt Joint.....	20
Gambar 2.7 Sambungan Las Lap Joint	21
Gambar 2.8 Mekanisme Uji Tarik	22
Gambar 2.9 Kurva Uji Tarik.....	23
Gambar 2.10 Alat Uji Mikrostruktur Jenco Metalurgi Microscope Model MET-233.....	26
Gambar 3.1 Mesin Frasi Model LC 20VH.....	29
Gambar 3.2 Penjepit Plat.....	30
Gambar 3.3 Dimensi Tool HSS	31
Gambar 3.4 Tool HSS.....	31
Gambar 3.5 Aluminium 5083	31
Gambar 3.6 Spesimen Benda Uji Tarik Sesuai Standar ASTM E8	33
Gambar 3.7 Dimensi Standar ASTM E8 Uji Tarik.....	34
Gambar 3.8 Skema Uji Vickers	35
Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 4.1 Grafik Kekuatan Tarik	43
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Regangan Setiap Sudut	45
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Vickers	48
Gambar 4.4 Bahan Uji Mikrostruktur	49
Gambar 4.5 Hasil Foto Mikro Las FSW Sudut 1°	50
Gambar 4.6 Hasil Foto Mikro Las FSW Sudut 2°	50
Gambar 4.7 Hasil Foto Mikro Las FSW Sudut 3°	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Percobaan Pengujian Tarik.....	35
Tabel 3.2 Data Percobaan Pengujian Kekerasan.....	36
Tabel 4.1 Data Kekuatan Tarik Las FSW	42
Tabel 4.2 Data Regangan Hasil Pengelasan FSW	45
Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan Nilai Rata-rata VHN Daerah Las.....	46
Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Nilai Rata-rata VHN Daerah HAZ	47
Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan Nilai Rata-rata VHN Daerah Base.....	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lembar Curriculum Vitae

Lembar Surat Keterangan Penelitian di Laboratorium Teknik Mesin UMM

Lembar Surat Keterangan Penelitian di Bengkel Pengerjaan Logam
PPPPTK/VEDC Malang

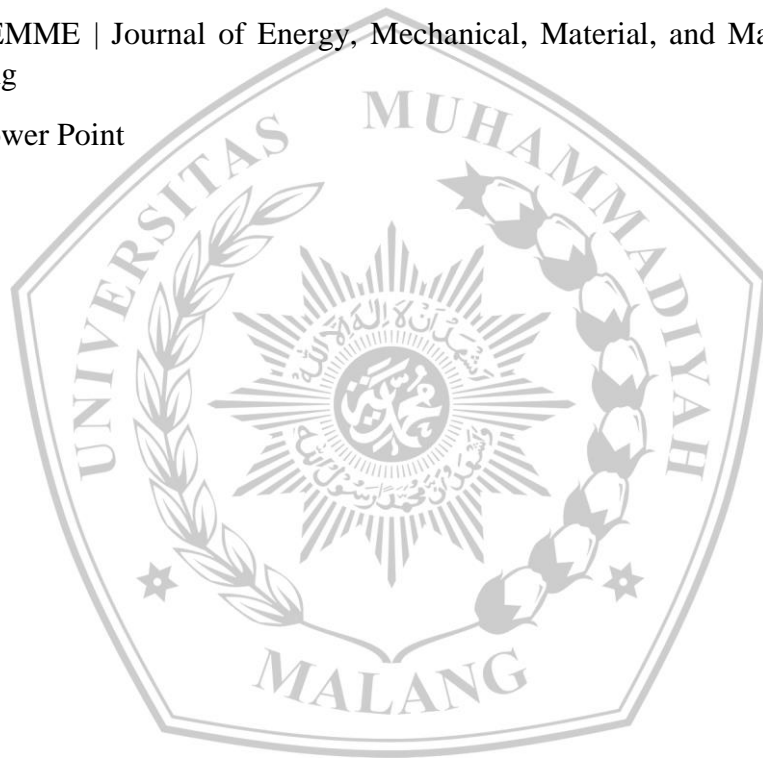
Lembar Hasil Pengujian Tarik

Lembar Hasil Pengujian Kekerasan

Lembar Spesimen Pengujian Tarik

Lembar JEMME | Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing
Engineering

Lembar Power Point



DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, F. (2017). *Pengaruh variasi tool tilt angle dan tool rotational speed terhadap distribusi temperatur pada friction stir welding dengan pemodelan ansys cfx*.
- Askeland, D. R. (1994). The Science and Engineering of Materials. *European Journal of Engineering Education*.
<https://doi.org/10.1080/03043799408928327>
- ASTM Standard E8/E8M-13a. (2013). "Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials." In *ASTM International: Vol. i* (pp. 1–27).
https://doi.org/10.1520/E0008_E0008M-13A
- Chandrashekar, A., Kumar, B. S. A., & Reddappa, H. N. (2015). Friction Stir Welding : Tool Material and Geometry. *AKGEC International Journal of Technology*, 6(1), 16–20. Retrieved from
https://akgec.ac.in/documents/journals/AKG_Int_Journal_Tech_Vol_6_no_1_4.pdf
- Helmi, I., & Tarmizi, T. (2017). Pengaruh Bentuk Pin terhadap Sifat Mekanik Aluminium 5083 – H112 Hasil Proses Friction Stir Welding. *Jurnal Riset Teknologi Industri*. <https://doi.org/10.26578/jrti.v11i1.2163>
- Hendroprasetyo, Z. E. and W. (2013). *Pengaruh Bentuk Probe Pada Tool Shoulder Terhadap Metalurgi Aluminium Seri 5083 Dengan Proses Friction Stir Welding*. 2(1), 112–115.
- Megantoro, L., Hendroprasetyo, W., & St, A. P. (2012). Pengaruh Pengelasan Aluminium 5083 Terhadap Sifat Mekanis dan Biaya Pengelasan dengan Perbedaan Diameter Shoulder pada Friction Stir Welding (FSW). *Jurnal Ilmiah Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya*, 1–9.
- Mishra, R. S., & Mahoney, M. W. (2007). Friction Stir Welding and Processing. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 1–352.
<https://doi.org/10.1361/fswp2007p001>

- Nurhafid, A. (2017). Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(2), 473–481.
- Okumura, H. W. and T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam* (Cetakan 8). Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Prabandono, B., Wijayanto, W., & Nugroho, Y. (2014). Pengaruh Sudut Kemiringan Tool Friction Stir Welding terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Sambungan Plat AA5083. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 2(2), 1–6. <https://doi.org/10.18196/jmpm.2225>
- Pratisna, P., Anggertyo, I., A, P. A. N., Induk, L., Labinkimat, M., & Al, T. N. I. (2016). *Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Friction Stir Welding (FSW) AA 5083 dengan Variasi Bentuk dan Kecepatan Putar Probe Pada Konstruksi Kapal Physical and Mechanical Properties of Welded Joints Friction Stir Welding (FSW) AA 5083 with a Variation of*.
- Rahayu, D. (2012). *Analisis proses friction stir welding (fsw) pada plat tipis aluminium skripsi*. 104.
- Sanyoto, B. L., Husodo, N., Bangun, S., & Mahirul, S. (2012). Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) Dalam Proses Penyambungan Dua Buah Pipa Logam Baja Karbon Rendah. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*.
- Sidhu, M. S., & Chatha, S. S. (2012). Friction Stir Welding – Process and its Variables : A Review. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(12), 275–279.
- Stojanovic, B., Bukvic, M., & Epler, I. (2018). Application of Aluminum and Aluminum Alloys in Engineering. *Applied Engineering Letters : Journal of Engineering and Applied Sciences*. <https://doi.org/10.18485/aeletters.2018.3.2.2>
- Surdia, T., & Saito, S. (1985). *Pengetahuan Bahan Teknik*.



Universitas Muhammadiyah Malang

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Raya Tlogomas No. 246 Telp. (0341) 464318 Psw. 128 Malang

LEMBAR HASIL DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

Lembar hasil deteksi plagiasi ini menyatakan bahwa mahasiswa berikut:

Nama : ARGACHMI DARMAWAN

NIM : 201510120311149

Telah melalui cek kesamaan karya ilmiah (Skripsi) Mahasiswa dengan hasil sebagai berikut:

SKRIPSI	PRESENTASE KESAMAAN
BAB I (PENDAHULUAN)	10%
BAB II (TINJAUAN PUSTAKA)	13%
BAB III (METODOLOGI)	24%
BAB IV (HASIL DAN PEMBAHASAN)	12%
BAB V (KESIMPULAN DAN SARAN)	5%

Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa hasil deteksi plagiasi ini telah memenuhi syarat ketentuan yang diatur pada Peraturan Rektor No. 2 Tahun 2017 dan berhak mengikuti Ujian Skripsi.

Malang, 09 November 2019

Tim Plagiasi Teknik Mesin,

Mohamad Irkham M., ST.,
MT.